Rapport sur le Forum Québécois en sciences de la mer édition 2004 intitulé :

Le complexe de la baie d'Hudson : état des connaissances et priorités de recherche

Arvil 2004

FORUM QUÉBÉCOIS EN SCIENCES DE LA MER

édition 2004

Le complexe de la baie d'Hudson : état des connaissances et priorités de recherche

Jeudi 15 avril 2004

13 h 00	**Jean-Claude Therriault**, Coordonnateur du Forum **Jean Boulva**, Directeur, Institut Maurice-Lamontagne **Wendy Watson-Wrigth**, SMA-Sciences, MPO **Gilbert Des Rosiers**, Développement économique Canada	**Mot de bienvenue et Introduction**
13 h 20	Robert R. Dickson, Centre for Environment, Fisheries, and Aquaculture Science, Lowestoft, UK and Igor Yashayaev, Bedford Institute of Oceanography, DFO, Halifax	**Understanding the role of the Hudson Bay - Hudson Strait complex in Atlantic hydrology**
14 h 00	Christine Michel, Freshwater Institute, DFO, Winnipeg, Grant Ingram, University of British Columbia, Victoria, and Michel Gosselin, ISMER, Rimouski	**Le Sud rencontre le Nord dans la baie d'Hudson : processus et interactions océanographiques**
14 h 40	Francois J. Saucier, Institut Maurice-Lamontagne, MPO, Mont-Joli et ISMER, Rimouski	**Modélisation du climat régional du complexe de la baie d'Hudson**
15 h 20	**Pause santé et Affiches**	
15 h 40	Tony Gaston, National Wildlife Research Centre, Environnement Canada, Ottawa	**Climate change, sea ice cover and impacts on marine birds in the North**
16 h 20	Mike Hammill, Institut Maurice-Lamontagne, MPO, Mont-Joli, et Andrew Derocher, University of Alberta, Edmonton	**Changes in Arctic sea ice: implications for marine mammals**
17 h 00	Anne DeVernal, GEOTOP, Université du Québec à Montréal, Montréal	**La baie d'Hudson, de la déglaciation (~8 500 ans avant l'actuel) à aujourd'hui**
17 h 40	**Affiches et cocktail**	
19 h 30	**Banquet**	

Vendredi 16 avril 2004

8 h 40	Michael Barrett, Special Coordinator, Kativik Regional Government and Eli Angiyou, Inuit representative	**Nunavik Inuit and the Hudson Bay in the Twenty First century**
9 h 20	Éric Dewailly, Institut national de santé publique, Université Laval, Québec	**L'environnement océanique et la santé humaine dans le Nord**
10 h 00	**Pause santé et affiches**	
10 h 20	**Forum de discussion avec invités spéciaux** Yves Bégin, Directeur du Centre d'études nordiques et professeur au département de géographie Université Laval; Marty Bergmen, Director, Arctic Science Program Development Freshwater Institute DFO, Winnipeg; Martin Fortier, Directeur exécutif, ArcticNet Inc., Université Laval; Jim Dodge, Director, Nunavik Research Centre Makivik Corporation, Kuujjuaq; Alain Bourque, Directeur Impacts et Adaptation Ouranos - consortium sur les changements climatiques	**Le futur de la baie d'Hudson : développement économique, recherche et monitorage**
11 h 50	**Conclusion du Forum**	**Remise de trois prix de 500 $ pour les meilleures affiches préparées par des étudiants**

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada | Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER) | Québec Océan | GEOTOP | Développement économique Canada | Canada Economic Development

'The relative importance of the Hudson bay complex in the global hydrological cycle in the Arctic'
By Bob Dickson, CEFAS UK, "Forum québécois en sciences de la mer", 15 and 16 April 2004, Mont Joli Quebec

Since the poles of both hemispheres act as reservoirs and sources of ice and freshwater, they are key elements of the Earth's climate system, and most components of the high-latitude freshwater balance have been observed to change or are predicted to change substantially over the next few decades. For example, in the late summers of 2002 and 2003, Arctic sea-ice extent is reported as having reached minima unprecedented in 24 years of passive microwave observations and almost certainly unmatched in 50 years of charting Arctic sea-ice (Serreze et al 2003; Fetterer and Knowles, 2004).

The freshwater flux passing south to the North Atlantic is of particular importance to climate. In a majority of coupled climate models (but by no means all) an increase in this flux under greenhouse gas forcing conditions has been implicated in a slowdown of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (the so-called 'Ocean Conveyor') yet our measurements of this flux and our understanding of its forcing and variability remain primitive. The purpose of this talk was to review the available estimates of freshwater flux passing to the Atlantic either side of Greenland ----through the Canadian Arctic Archipelago and Nordic Seas ----and to assess the relative importance of the input from Hudson Bay.

The Canadian Arctic Archipelago Throughflow. Early estimates of the total freshwater flux through the CAA were provided by Aagaard and Carmack (1989), Steele et al (1996), Ingram and Prinsenberg (1998) and by Loder et al (1998). Understandably since we are dealing with vigorous flows in a remote complex of narrow ice-covered passageways where the scales of motion are small, where moving ice and icebergs pose a hazard to moored gear and where proximity to the magnetic pole complicates even the measurement of flow direction, comprehensive simultaneous coverage has been difficult to achieve. Nonetheless pioneering direct measurements have been recovered from the main passageways of the CAA, since 1998 by Prinsenberg in the case of Lancaster Sound & Barrow Strait, by Melling in the case of Wellington Channel, Cardigan Strait and Hell Gate, and by Melling and Falkner (currently) in Jones Sound/ Kennedy Channel. On the basis of these direct measurements, Melling (2004) and Prinsenberg & Hamilton (2004) provide up-to-date accounts of the volume- and freshwater fluxes through the CAA. Applying a seasonal weighting equal to 2/3rds of their southern transect plus 1/3rd of their northern transect, Prinsenberg & Hamilton (2004) calculate a 3-year mean freshwater flux through Lancaster Sound of 0.045 Sv ± 0.015 Sv relative to 34.8. They then extend that calculation by comparing the direct estimate with simulations by Kliem and Greenberg 2003, Greenberg and Kliem, 2004 and Maslowski 2003. The Kliem and Greenberg (2003) model indicates that fluxes through Lancaster Sound make up 35% of the freshwater fluxes through the total CAA, while with different grid size and processes, that of Maslowski (2003) suggests that the flux through Lancaster Sound can be 50% of the total. Prinsenberg and Hamilton

therefore suggest a value between 0.09 - 0.11 Sv for the freshwater flux through the Archipelago as a whole which they point out is similar to present values in the literature (Melling 2000 and Prinsenberg and Bennett, 1987). Intercepting the CAA freshwater outflow further south, Maslowski (2003 and pers com.) estimates the gross southgoing freshwater flux through the Davis Strait as 0.076 Sv (0.065 Sv net) over the period 1979-2001, in reasonable agreement with the observation-based estimates just described.

Nordic Seas Throughflow: Recent annual estimates for the efflux of Sea Ice through western **Fram Strait** are reasonably consistent ranging from 2218 $km^3 yr^{-1}$ (Kwok et al. 2004), through 2400 $km^3 yr^{-1}$ (Widell et al. 2003) to 2900 $km^3 yr^{-1}$ (Vinje 2001) for the 1990's. Though these results are consistent, all use the same in-situ data (Østerhus pers comm.) and may have the same offset. Earlier, Aagaard and Carmak (1989) reported 2790 $km^3 yr^{-1}$ for the ice flux. Thus a mean of 2577 $km^3 yr^{-1}$ or 0.082 Sv for the 4 observation-based estimates of annual sea-ice flux, which is in reasonable agreement with the value of ≈ 0.1 Sv for the 1948-2002 mean efflux of ice through Fram Strait in the NAOSIM model (Karcher et al pers comm.).

The liquid freshwater flux passing 79 N during the 1990's is still an open question. The assumption has been a 50:50 split between ice and freshwater through W. Fram Strait. However actual estimates of the freshwater component range upwards from 0.020 Sv from Maslowski's 9km coupled ice-ocean model, through a hydro-based estimate of 0.028 Sv (870 $km^3 yr^{-1}$) by Aagaard and Carmak (1989) to values of 0.063- 0.095 Sv (2000-3000 $km^3 yr^{-1}$) derived by Meredith et al. (2001) from two years of $\delta^{18}O$ measurements. Unpublished estimates of freshwater flux from the NAOSIM model are almost identical to the latter values at 0.065-0.095 Sv with reference salinity 34.8 (Karcher et al pers comm.). Here we place the greater weight on the later estimates in assuming a total freshwater flux of approx 0.160 Sv (0.08Sv as ice +0.065-0.095 Sv as freshwater).

Holfort (pers comm) has estimated that the freshwater flux passing south along the **East Greenland shelf-edge** at 74N was 1930 $km^3 yr^{-1}$ (0.061 Sv) in autumn 2001 - 2002, with a pronounced late-summer maximum. This new estimate is based on a mix of direct current profiles by bottom-mounted ADCP and continuous one-year salinity records from Microcat sensors mounted within so-called 'tube moorings' to survive knockdown by drift ice. The program continues as part of SFB 512 of the University of Hamburg. From the literature, Jonsson (2003) estimates the diffluence of freshwater from the East Greenland Current into the **Jan Mayen Current** as 10,500 $m^3 s^{-1}$ (0.01 Sv or only 8.8% of his estimate for the flux through Fram Strait (above). The equivalent figure for the diversion of freshwater from the East Greenland Current into the **East Icelandic Current** has been estimated from Icelandic standard hydrographic sections (Langanes mainly) and direct current measurements as only 5,500 $m^3 s^{-1}$ (0.005 Sv; Jonsson and Briem 2003). Based on the Icelandic Standard Section program and moored sensors, Jonsson (2003) estimates the freshwater flux passing **Denmark Strait** as 0.108 Sv, equivalent to 87% of his assumed flux leaving Fram Strait but now also incorporating a component of Greenland runoff. NAOSIM gives 0.02-0.06 Sv for mean

ice flux plus a time-dependent 0.079 -0.11 for liquid water relative to 34.8, hence a total freshwater flux of around 0.125 Sv (Karcher et al pers comm). Though a prototype freshwater flux array across the **SE Greenland Shelf** is being developed and extended by UK, German and Finnish collaborators within ASOF-EC (W) and has currently returned a total of 20 sensor-years of fixed-point salinity (Microcat) data from its 'tube moorings' it lacks the ADCP or current meter data required to complete the flux estimate. Detailed hydrography (Rudels in prep; Pickart pers comm.) and time-series of direct current measurements (Dye et al in prep) have been recovered from the adjacent upper Continental Slope off SE Greenland, but no estimate of freshwater transport by the so-called 'spill-jet' of the upper Slope has yet been made.

Hudson Bay and Strait. Ingram and Prinsenberg (1998) describe the transport of northern source water from the CAA to Hudson Bay via Fury and Hecla Strait and Foxe Basin as small----- with a total transport of 0.04Sv in late winter, 0.1 Sv in summer. Though the freshwater component of this small inflow is probably relatively insignificant, Hudson Bay as a freshwater source is not so easily dismissed as there is a large freshwater input both from rivers surrounding the Bay and from sea-ice melt in spring and summer (Prinsenberg 1977, 1988). At 22,600 $m^3 s^{-I}$ the runoff volume to Hudson Bay is twice as great as that entering the other two Canadian drainage basins of equal size (St Lawrence-Great Lakes and Mackenzie). Spread over the Hudson Bay surface it equals 1.5m, similar to the ice thickness (Prinsenberg, pers comm., 2004). Since the sea-ice extent varies from almost 100% to completely open water, we can crudely estimate the 'local' production of freshwater to be the equivalent of a 2-3 m layer spread over the >1 million km^2 area of the Bay. Regarding the outflow through Hudson Strait, Saucier et al (in press) provide the latest available statement based on the use of a 3-D coastal ice-ocean model with 10 km horizontal resolution and with 'realistic' tidal, atmospheric, hydrologic and oceanic forcing. Including both solid (sea-ice) and liquid forms (relative to 34.8), they compute a mean annual freshwater flux to the Labrador Sea of 0.035 Sv (29 mSv in liquid form + 6 mSv as ice) which they describe as consistent with the freshwater fluxes at the atmospheric- and land boundaries of their model domain.

Conclusion: Though present measurements amount to little more than a series of 'snapshots' with scant indication of variability, we have a sufficient number to provide the first map of the freshwater flux passing to the Atlantic via its 3 main pathways---CAA, Nordic Seas and Hudson Bay-Hudson Strait (Figure 1 below). The main climatic importance of Hudson Bay probably lies in effects of its heat and moisture fluxes on storms and airmass-modification rather than any effect of its freshwater outflow on the MOC. Nevertheless this point remains to be demonstrated and at 35 mSv, the Hudson Bay complex supplies a not-insignificant 15% of the total freshwater reaching the N Atlantic. The prime requirements are for longer-term information on the variability of Hudson Strait outflow and for tracers of its influence downstream. From its nutrient relationships (see Jones et al 2003), Jones (pers comm. 2004) concludes that the 1983 nutrient data from Hudson Bay are "consistent with all the seawater in Hudson Bay being from the Pacific". Modern nutrient,

oxygen-18 and alkalinity data might usefully determine whether the Hudson Strait outflow is too small and too confined to the coast to drive significant change in the Labrador Sea.

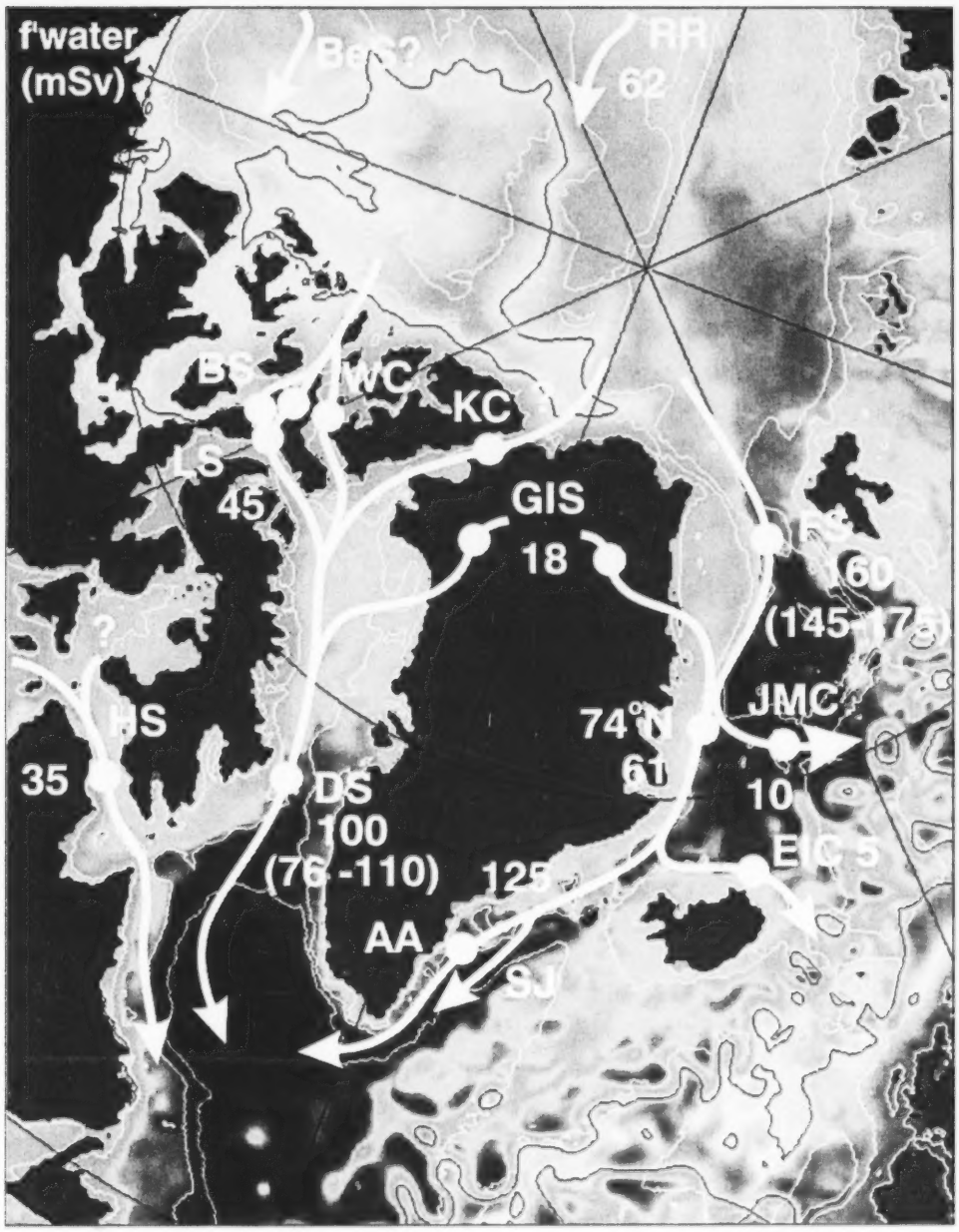


Figure 1. Estimates of freshwater flux relative to S = 34.8 in Arctic and Subarctic Seas. Units are mSv and the base map is a snapshot of sea surface height from the NPS PIPS 3.0 model kindly provided by Wieslaw Maslowski, Navy Postgraduate School, Monterey.

Le sud rencontre le nord dans la Baie d'Hudson : processus et interactions océanographiques

Résumé de présentation au Forum Québecois des Sciences de la Mer, Rimouski, 2004,
par Christine Michel [1], Grant Ingram [2] et Michel Gosselin [3]

[1] Institut des Eaux Douces, Pêches et Océans Canada, 501 University Crescent, Winnipeg, MB, R3T 2N6, Canada
[2] Dept.of Earth and Ocean Sciences, University of British Columbia, 6339 Stores Road, Vancouver, BC V6T 1Z4 Canada
[3] Institut des sciences de la mer (ISMER), Université du Québec à Rimouski, 310, Allée des Ursulines Rimouski, QC, G5L 3A1, Canada

Cette présentation met l'emphase sur les interactions entre les processus océanographiques physiques et biologiques dans la baie d'Hudson. Un survol des conditions océanographiques générales de la Baie d'Hudson est suivi par un résumé des résultats d'études portant sur les producteurs primaires. Une seule étude récente portant sur la production secondaire a été présentée.

La baie d'Hudson constitue la plus vaste mer intérieure au monde, avec une superficie de 830×10^3 km^2, soit deux fois la surface de la mer Baltique. C'est une mer peu profonde, avec une profondeur moyenne de 125 m et une profondeur maximale de 300 m. La circulation générale de la baie d'Hudson est cyclonique. Une masse d'eau à caractère arctique entre au nord en provenance du Bassin de Foxe et se mélange durant son transit avec l'eau douce apportée par les rivières qui se déversent dans la baie, pour ressortir le long du côté sud du détroit d'Hudson (Fig. 1, adapté de Prinsenberg, 1986a). La circulation des eaux profondes est plus lente que celle des eaux de surface et les temps de résidence sont estimés à 4-14 ans et environ un an, respectivement, pour ces masses d'eau. La distribution de la salinité et de la température des eaux de surface reflète bien la circulation cyclonique et les apports riverins. Par exemple, les salinités sont plus faibles à proximité des côtes et la température des eaux de surface est plus élevée au nord-est de la baie. La baie d'Hudson est caractérisée par la présence d'une forte stratification, avec une couche de surface plus chaude et moins salée que la couche profonde. Par exemple, la température en surface peut atteindre 12°C en été alors que la couche profonde se maintient à une température variant entre 0 et 1.8°C. La structure verticale de la colonne d'eau varie de facon saisonnière, tel que présenté à la Figure 2 (tiré de Prinsenberg, 1986b). Le refroidissement automnal cause un mélange automnal qui est suivi, lors de la formation de la glace, d'une augmentation de salinité dû au rejet de saumure et d'un approfondissement de la pycnocline. Enfin, au printemps, la couche de surface est formée à nouveau en raison du réchauffement en surface et de l'augmentation de l'apport d'eau douce par les rivières.

En résumé, la baie d'Hudson possède des caractéristiques océnographiques particulières dont une circulation cyclonique de type estuarien avec présence d'une forte pycnocline. Elle subit aussi l'influence de masses d'eau arctique et atlantique, ainsi que l'apport d'eau douce par les rivières et la présence d'un couvert de glace pendant la plus grande partie de l'année. Ces conditions contribuent à structurer les communautés phytoplanctoniques et zooplanctoniques.

Plusieurs études d'océanographie biologique ont été effectuées au sud-est de la baie d'Hudson, au large de la Grande rivière de la Baleine, pendant la période printanière en présence d'un couvert de glace (e.g. Legendre et al. 1981, Poulin et al. 1983, Gosselin et al. 1985, 1986, 1990; Hudon et al. 1996; Maestrini et al. 1986, Michel et al. 1988, 1993; Rochet et al. 1986). Ces études ont montré que la production, la biomasse et la diversité des algues de glace augmente suivant un gradient de salinité des eaux de surface et de la glace. La croissance des algues de glace au printemps est liée à l'augmentation saisonnière de l'énergie lumineuse et ne débuterait que lorsque l'intensité lumineuse atteint un seuil critique d'environ 6μE m^{-2} s^{-1} (Gosselin et al.,

1986). Plus tard en saison, la croissance des algues de glace serait limitée par la disponibilité des éléments nutritifs, particulièrement les nitrates (Maestrini et al., 1986) ou les silicates (Gosselin et al., 1990). La communauté d'algues de glace au sud-est de la baie d'Hudson est fortement dominée par des diatomées pennales dont *Nitzschia frigida* (Michel et al., 1988), mais certaines espèces pélagiques dont Navicula pelagica pourrait favoriser l'ensemencement du bloom phytoplanctonique (Michel et al., 1993).

Les travaux deAnderson et Roff (1980a, 1980b) et Anderson et al. (1981) présentent les résultats d'une expédition d'océanographie biologique effectuée au cours des mois de juillet-août et couvrant 42 stations réparties dans la baie d'Hudson. Les plus fortes concentrations de chl *a* sont rencontrées le long des côtes, ainsi qu'à proximité des îles Belcher et à l'entrée du détroit d'Hudson. Les plus fortes abondances de diatomées sont observées près des îles Belcher (Figure 3, tiré de Anderson et Roff, 1980a). Toutefois, les fortes concentrations de chl *a* observées le long de la côte ouest à proximité des rivières Churchill et Nelson ne sont pas expliquées par la présence de diatomées mais plutôt par de fortes abondances de dinoflagellés. Il semble donc que les apports en éléments nutritifs par les rivières qui se jettent dans la baie (Hudon et al., 1996) ne favorisent pas la croissance des diatomées mais plutôt le développement d'une communauté phytoplanctonique dominée par des dinoflagellés. La diversité des espèces phytoplanctoniques dans la baie d'Hudson est remarquable et se compare avec les valeurs les plus élevées rapportées pour l'ensemble des océans (Roff et Legendre, 1986). Cette diversité s'explique par le fait que la baie d'Hudson abrite des espèces arctiques et atlantiques, et que l'on retrouve des espèces d'eau douce, euryhalines, ou strictement marines.

Une caractéristique particulière de la baie d'Hudson est la présence de concentrations de chlorophylle maximales en profondeur, entre 30 et 50m, aux stations situées au large de la côte. Ce maximum de chlorophylle a été observé de facon récurrente; il se situe sous la pycnocline, à une profondeur où l'intensité lumineuse n'est que de 0.1% à 1% de la lumière incidente (Figure 4, tiré de Anderson et Roff, 1980b).

Les travaux de Harvey et al. (1997, 2001) font suite à une expédition menée au cours de l'été 1993, au cours de laquelle un transect d'échantillonnage a été effectué sur la côte est de la baie d'Hudson, de la Grande rivière de la Baleine jusqu'au centre du détroit d'Hudson. Harvey et al. (1997) ont déterminé quatre groupes de stations le long de ce transect, en fonction de l'abondance et de la composition du phytoplancton. Parallèlement, un gradient dans les conditions physico-chimiques a été observé avec, du sud vers le nord, une diminution de la stratification et une augmentation du mélange vertical, une diminution de la température et une augmentation de la salinité en surface, et une augmentation des nitrates et des phosphates. Le premier groupe de stations est situé dans la région de la baie James et de la Grande rivière de la Baleine et est dominé par la présence de dinoflagellés et de petits flagellés. Le second groupe comprend des stations situées au large des îles Belcher et Sleeper et est dominé par des diatomées, surtout du genre *Chaetoceros*, et de flagellés. Le troisième groupe couvre toute la partie nord-est de la baie et la partie ouest du détroit d'Hudson. Ce groupe comprend un assemblage mixte de diatomées et de flagellés, où les flagellés dominent. Enfin, le dernier groupe de stations couvre la partie centrale du détroit d'Hudson. C'est dans cette région que les plus fortes abondances de phytoplancton sont observées, avec une forte dominance de grosses diatomées qui est expliquée par le mélange vertical intense dans cette région. Suite à ces travaux portant sur les communautés phytoplanctoniques, Harvey et al. (2001) ont déterminé la composition des espèces zooplanktoniques le long de ce même transect et ont montré des changements dans la composition de la communauté zooplanctonique, qui sont liés aux différentes conditions physiques de chacune des régions. On retrouve ainsi des espèces à caractère euryhalines dans la région de la Grande rivière de la Baleine, des espèces artiques le long de la côte est de la baie, et une très forte abondance zooplanctonique dans le détroit d'Hudson.

En conclusion, la baie d'Hudson présente des conditions océanographiques particulières et subit de multiples influences, dont l'influence de masses d'eau arctiques et atlantiques, la présence d'un couvert de glace

saisonnnier, et l'influence d'importants apports riverins. Toutes ces influences se répercutent sur les caractéristiques biologiques de la baie, qui comprend des espèces arctiques, sub-arctiques, d'eau douce, euryhalines ou strictement marines, et dont la distribution spatiale répond aux gradients dans les conditions physiques. Finalement, la baie d'Hudson subit aussi une influence antropogénique importante, avec par exemple les développements hydro-électriques, qui peuvent modifier la fine balance entre les interactions biologiques et physiques.

Références :

Anderson, J.T. et J.C. Roff. 1980a. Seston ecology of the surface waters of Hudson Bay. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37 : 2242-2253.

Anderson, J.T. et J.C. Roff. 1980b. Subsurface chlorophyll *a* maximum in Hudson Bay. Nat. Can. 107 : 207-213.

Anderson, J.T., J.C. Roff et J. Gerrath. 1981. The diatoms and dinoflagellates of Hudson Bay. Can. J. Bot. 59 : 1793-1810.

Gosselin, M., L. Legendre, S. Demers et R.G. Ingram. 1985. Responses of sea-ice microalgae to climatic and fortnightly tidal energy inputs (Manitounuk Sound, Hudson Bay). Can. J. Fish. Aquat. Sci. **42**: 999-1006.

Gosselin, M., L. Legendre, J.-C. Therriault, S. Demers, et M. Rochet. 1986. Physical control of the horizontal patchiness of sea-ice microalgae. Mar. Ecol. Prog. Ser. **29**: 289-298.

Gosselin, M., L. Legendre, J.-C. Therriault, et S. Demers. 1990. Light and nutrient limitation of sea-ice microalgae (Hudson Bay, Canadian Arctic). J. Phycol. **26**: 220-232.

Harvey, J.-C. Therriault et N. Simard. 1997. Late-summer distribution of phytoplankton in relation to water mass characteristics in Hudson bay and Hudson Strait (Canada). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 1937-1952.

Harvey, M., J.-C. Therriault, et N. Simard. 2001. Hydrodynamic control of late summer species composition and abundance of zooplankton in Hudson Bay and Hudson Strait (Canada). J. Plankton Res. 23:481-496.

Hudon, C. R. Morin, J. Bunch et R. Harland. 1996. Carbon and nutrient output from the Great Whatle River (Hudson bay) and a comparison with other rivers around Quebec. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 1513-1525.

Legendre, L., R. G. Ingram, et M. Poulin. 1981. Physical control of phytoplankton production under sea ice (Manitounuk Sound, Hudson Bay). Can. J. Fish. Aquat. Sci. **38**: 1385-1392.

Maestrini, S., M. Rochet, L. Legendre, et S. Demers. 1986. Nutrient limitation of the bottom-ice microalgal biomass (southeastern Hudson Bay, Canadian Arctic). Limnol. Oceanogr. **31**5: 969-982.

Michel, C., L. Legendre, S. Demers et J.-C. Therriault. 1988. Photoadaptation of sea-ice microalgae in springtime: photosynthesis and carboxylating enzymes. Mar. Ecol. Prog. Ser. **50**: 177-185.

Michel, C., L. Legendre, J.-C. Therriault, S. Demers et T. Vandevelde. 1993. Springtime coupling between ice algal and phytoplankton assemblages in southeastern Hudson Bay, Canadian Arctic. Polar Biol. **13**: 441-449.

Poulin, M., A. Cardinal et L. Legendre. 1983. Réponse d'une communauté de diatomées de glace à un gradient de salinité (baie d'Hudson). Mar. Biol. **76**: 191-202.

Prinsenberg, S. 1986a. The circulation pattern and current structure of Hudson Bay. In Martini, I.P. (ed.) Canadian Inland Seas. Elsevier, Amsterdam, pp. 187-204.

Prinsenberg, S. 1986b. Salinity and temperature distributions of Hudson Bay and James Bay. In Martini, I.P. (ed.) Canadian Inland Seas. Elsevier, Amsterdam, pp. 163-186.

Rochet, M., L. Legendre, et S. Demers. 1986. Photosynthetic and pigment responses of sea-ice microaglae to changes in light intensity and quality. J. exp. Mar. Biol. Ecol. **101**: 211-226.

Roff, J.C. et L. Legendre. 1986. Physico-chemical and biological oceanography of Hudson Bay. In Martini, I.P. (ed.) Canadian Inland Seas. Elsevier, Amsterdam, pp. 265-291.

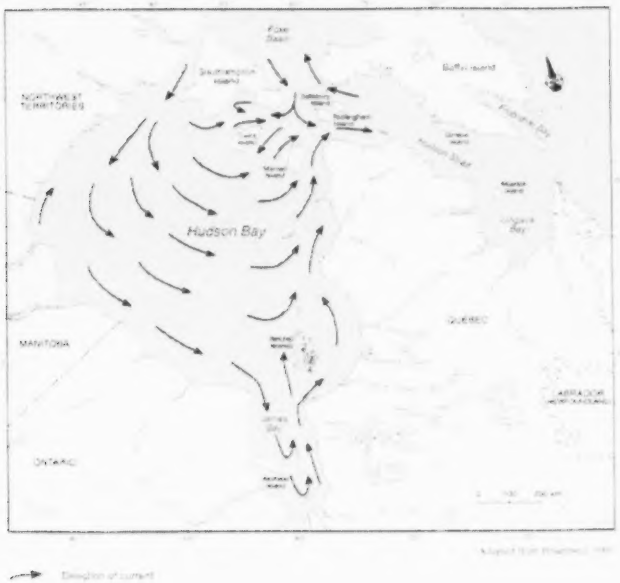


Figure 1: Circulation générale dans la baie d'Hudson (adapté de Prinsenberg, 1986a)

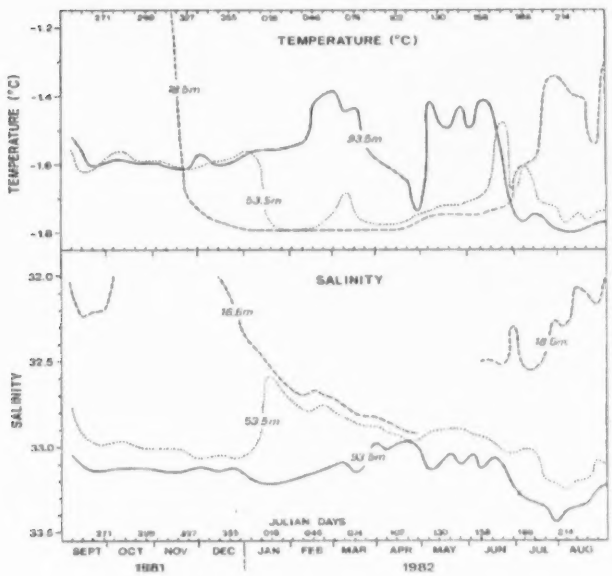


Figure 2: Variations saisonnières de la température et de la salinité. Tiré de Prinsenberg, 1986b.

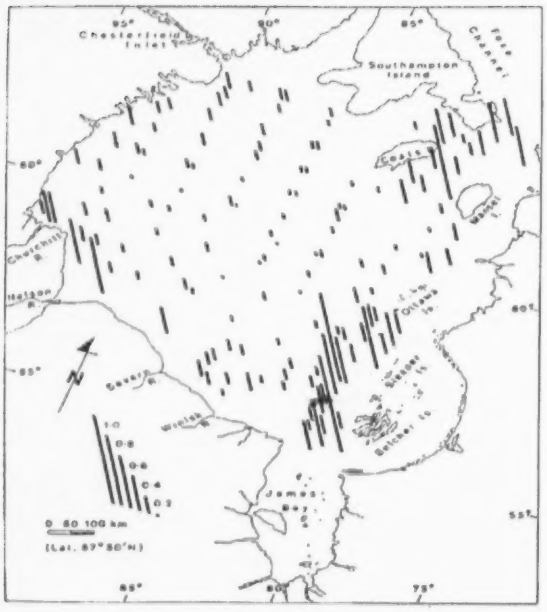


Figure 3: Distribution de la chlorophylle au cours de l'été 1975. Tiré de Anderson et Roff, 1980a.

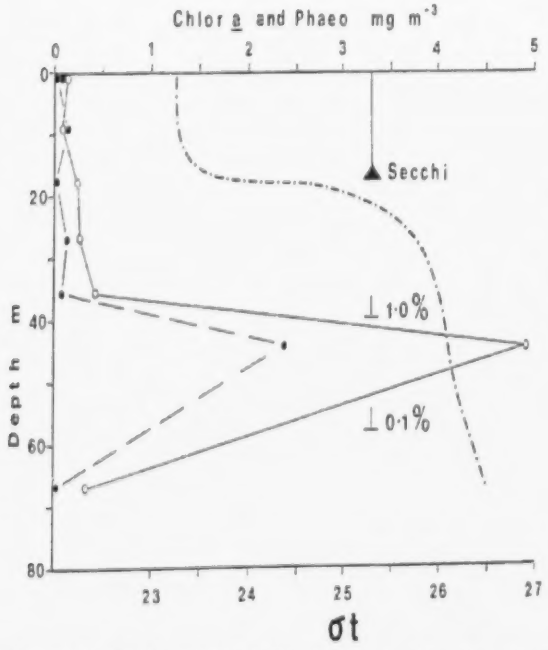


Figure 4: Profil vertical de pigments, à une station du large au cours de l'été 1975. Tiré de Anderson et Roff, 1980b.

Climate change, sea ice cover and impacts on marine birds in the North,

byAnthony J. Gaston, *Canadian Wildlife Service, National Wildlife Research Centre, Carleton University, Ottawa, Ontario K1A 0H3, Canada.* (e-mail tony.gaston@ec.gc.ca)

1. The seasonally ice-covered marine waters of Canada's eastern Arctic are used by large numbers of seabirds which are present mainly during May-September. The Arctic provides a suitable flush of seasonally-abundant food for rearing nestlings. Most of these birds spend the winter in the Labrador Sea, or in waters off Atlantic Canada. The most abundant species, the Thick-billed Murre *Uria lomvia* is often closely associated with sea-ice and feed especially on ice-associated organisms.

2. Summer ice cover in Hudson Bay has shown a rather sharp reduction since the mid 1980s, with the cover in mid-July falling from approximately 25% of the area in the 1970s and early 1980s to approximately 10% by the late 1990s (Fig. 1).

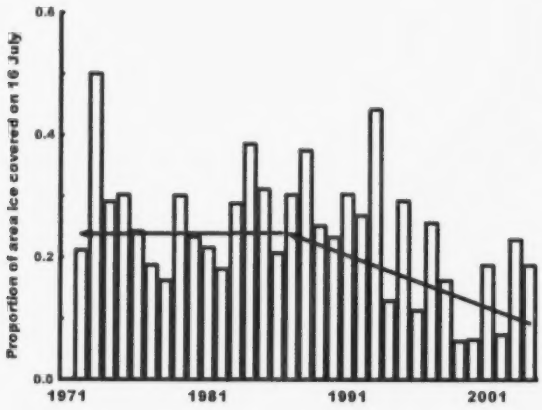
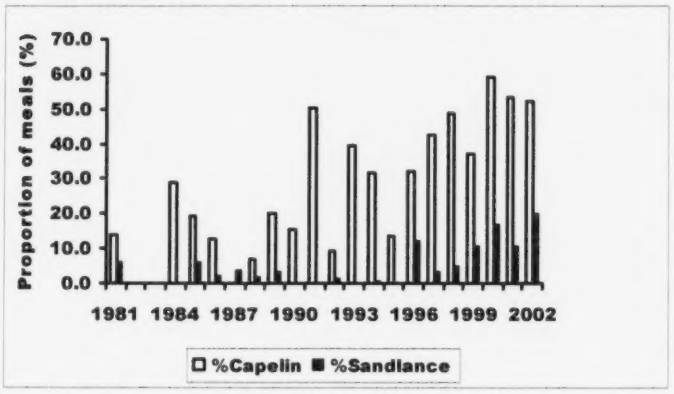


Figure 1. Trends in ice extent in Hudson Bay on 16 July (data courtesy of Canadian Ice Service, Ottawa).

3. At Coats Island, northern Hudson Bay, in low Arctic waters, the date of egg-laying has advanced since 1981, simultaneous with the decrease in summer ice cover in surrounding waters and a change in the diet fed to nestlings (Fig. 2). Lower summer ice cover in this region is correlated with lower chick growth rates and lower adult body mass, suggesting that reduction in summer ice extent is having negative effects on reproduction.



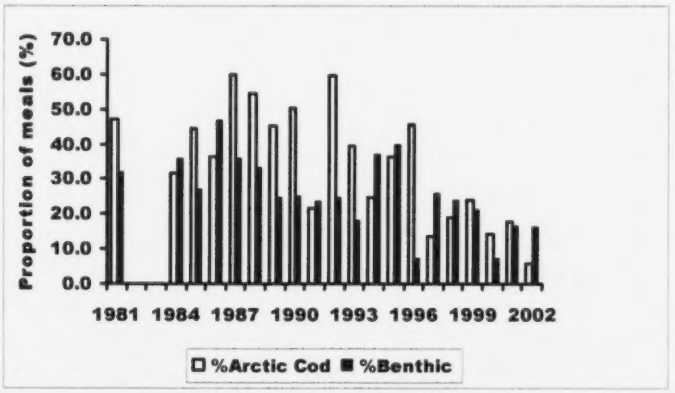


Figure 2. Trends in the proportions of fish delivered to nestling Thick-billed Murres at Coats Island: (a) Capelin Mallotus villosus and Sandlance Ammodytes spp., and (b) Arctic cod Boreogadus saida and benthic species (sculpins and snake-blennies)

4. Conversely, at Prince Leopold Island, in the High Arctic, there has been no trend in summer ice cover and no detectable change in timing of breeding. Reproduction there is less successful in years of late ice than in years of early ice break-up.
5. At both colonies, timing of breeding for thick-billed murres was positively correlated with summer ice cover, which was determined by winter and spring temperatures.
6. Current trends suggest that continued warming should benefit birds breeding on the northern limit of the species range, while adversely affecting reproduction for those on the southern margin. The likely result will be an eventual northward displacement of the population.

Changes in Arctic Sea-Ice: Implications for Marine Mammals.
By M.O. Hammill and A. Derocher.

It is easy to speculate how climate change might affect marine mammals, but to differentiate between inter-annual fluctuations and climate impacts, long term research is required . We are fortunate, in that researchers such as Dr. Ian Stirling (Canadian Wildlife Service) and colleagues such as my co-authour, Andy Derocher, have had a longterm research polar bear program in the Churchill area of western Hudson Bay since the 1970s. It is this material, which will form the basis of our presentation.

We focus on the polar bear, but it is really a study of the interaction between polar bears and their primary food resource the ringed seal. Both species are very tightly connected through a common resource, the sea ice. Although other changes are also occurring in the ecosystem, which can be linked to climate change eg food resources at lower trophic levels, it is the changes in the sea ice that are most easily quantified.

Polar bears (*Ursus maritimus*) generate considerable interest among governments, researchers, hunters and the public for several reasons. As an apex predator, they are not abundant with a total world population of 21,000-25,000 animals. Their conservation and management are subject to international agreements and their harvesting provides important food and revenue to subsistence hunters

Polar bears are circumpolar in distribution, and are very closely tied with the seasonal distribution of ice. In the western Hudson Bay area, they embark on the ice in November, where they range across both the fast and offshore pack ice. By late June and early July the ice has often broken back and the bears then move ashore. Over summer, the bears rely on stored fat reserves to meet their energy requirements. In fall, the much thinner bears return to the ice. Repeated captures of animals over an 11 year span shows strong site fidelity among animals as they are often recaptured within 46-62 km of their original capture location.

The main food resource of polar bears is the ringed seal. Ringed seals are strongly associated with fast ice, the solid ice attached to the coasts. Within this habitat they scratch out breathing holes in the ice with the claws on their foreflippers. Ringed seals often dig the hole in an area covered by a snow bank, which is then hollowed out inside, to form a small cave or lair. The lair is used for resting and also as a whelping site. Its main function appears to be to avoid predators. The lair forces predators to locate the hidden pups using their sense of smell, and once located,, the thick lair roof slows the entry of the predator into the lair, allowing the pup to escape. In spite of the lair, pup mortality from predators can be significant, and in some areas a large part of the annual production is lost through predation.

At freeze up in November, the very thin bears return to the ice and begin the hunt for ringed seals. It is estimated that bears consume about 43 ringed seals per year, but 84% of this consumption occurs between March, when pupping begins, and the time of ice breakup in June/July. As the ringed seal pup grows, it deposits energy rich blubber and as the spring progresses, the condition of bears improves as they profit from this diet of energy rich pups and vulnerable lactating females. During the 1970-80s conditions in southwestern Hudson Bay were quite favourable for polar bears. Compared to other populations, the birth interval between litters was only 2 years for Churchill bears compared to three years for high Arctic polar bears, and 55% of cubs were weaned as yearlings compared to only 3% in the High Arctic.

Over the last few decades there has been a decline in the minimum extent of the polar ice pack. If current conditions continue then ice extent may decline by a further 400 km by 2050. Air temperatures in the Arctic have increased by as much as 0.75 °C per decade in northwestern Hudson Bay. In western Hudson Bay (Chirchill), mean May and June air temperatures have been rising at a rate of 0.2-0.3 °C per decade since the 1950s and breakup in the 2000s now occurs three weeks earlier compared to 30 years ago.

The sea ice provides the link between the polar bear and the ringed seal. For polar bears a decline in ice cover means less time available for feeding and building up fat reserves. It also means an increase in the length of the fasting period, and the use of stored fat reserves. It is particularly important for pregnant females, who must obtain in the spring a minimum weight in order to support their own energy needs, those of the developing

fetus and the young cubs after birth. Today, among Churchill bears, the mean inter-birth interval has increased to 2.9 years, only 20% of cubs are weaned as yearlings and females with cubs weigh about 165 kg in the spring, compared to 187 kg two decades ago.

For the ringed seal, earlier breakup is often associated with warmer spring temperatures, which will increase the rate of melting open the lairs, increasing the vulnerability of pups to predation from bears, foxes, humans and even birds. Early breakup also forces the pups to enter the water at an earlier stage in development, resulting in increased pup mortality. Thus in the short-term more seal pups might be available to predators, but in a longer term ringed seal productivity will decline.

Can the bears adapt? Ice breakup occurs earlier near the Churchill coast, but there is still ice along the Ontario coast of Hudson Bay later in the spring. Although animals could leave the ice farther to the southeast, bears show considerable site fidelity during the ice free season, and the additional energy requirements needed to traverse the land to the traditional summering area may exceed the benefits of leaving the ice at another location. Alternatively, could new prey resources replace the ringed seal pup? Polar bears also prey on the larger bearded seal pup, and the harbour seal. However, in both species, the timing of pupping differs from that of the ringed seal, when bears must begin building up fat reserves. Also, bearded and harbour seal pups enter the water only a few hours after birth, so the pups are much more mobile than the relatively sedentary ringed seal pup, making capture more difficult.

Climate change poses other challenges to Arctic biota, but less is known of the dynamics at other trophic levels. As we have seen an increase in the duration of the ice-free season will have a negative impact on bears and ringed seals through a reduction in feeding opportunities for one, and an increase in pup mortality for the other. Hungry bears also increase the potential for human-bear interactions as bears search for food during the ice free season.

Histoire de la baie d'Hudson de la déglaciation (~8500 ans) à aujourd'hui

Anne de Vernal et Claude Hillaire-Marcel, GÉOTOP-UQAM-McGill

L'environnement de la baie d'Hudson a été profondément marqué par les grandes glaciations qui se sont succédées au cours de l'ère Quaternaire. Lors du dernier épisode glaciaire qui a culminé il y a 21 000 ans avant aujourd'hui, une vaste calotte recouvrait en effet le nord est de l'Amérique du Nord avec deux dômes principaux localisés au sud de la baie d'Hudson. L'épaisseur de la glace y atteignait près de 3000 mètres (cf. Dyke et Prest, *Géographie physique et Quaternaire*, 1987) imposant une surcharge considérable sur la croûte terrestre, ce qui a résulté en un enfoncement glacio-isostatique. La baie d'Hudson a ainsi formé une dépression dans laquelle a persistée tardivement une calotte résiduelle jusqu'à la fin du dernier épisode glaciaire. La déglaciation de la Baie d'Hudson comme telle s'est produite vers 8500 ans et s'est accompagnée de la pénétration des eaux de l'Atlantique par le détroit d'Hudson. Compte tenu des délais d'ajustement de la croûte terrestre, le bassin de la baie d'Hudson était encore au-dessous du niveau de la mer et celle-ci a donc envahi un territoire beaucoup plus vaste que celui de la daie d'Hudson actuelle et que l'on désigne sous le terme de « Mer de Tyrrell ». La limite marine s'observe vers 245 mètres d'altitude. L'effet continu de l'ajustement isostatique rend compte d'une émersion dont la vitesse a décru de façon exponentielle, depuis la déglaciation, et qui se poursuit aujourd'hui à un rythme d'environ 1 centimètre par an (e.g., Tarasov et Peltier, *Quaternary Science Reviews*, 2004).

Vue aérienne du Golfe de Richmond présentant la succession de cordons de plages de la Mer de Tyrrell. L'altitude décroissante de ces niveaux de plage illustre la baisse graduelle du niveau relatif de la mer et l'émersion des terres.

Dans le paysage régional de la baie d'Hudson, les marques de la glaciation et de l'invasion marine lors de la déglaciation sont nombreuses. L'une d'entre elle est la présence de cordons de plages soulevées (voir photographie ci-dessus) renfermant souvent des coquilles marines (*Mytilus edulis*, *Hiatella arctica*, notamment) dont la datation à partir de mesures ^{14}C a permis de calculer la vitesse d'émersion. Les sables des plages anciennes ont par ailleurs contribué au développement de complexes dunaires sous l'effet de l'action éolienne. Une autre conséquence importante de l'invasion marine postglaciaire est l'accumulation de dépôts argileux qui

tapissent aujourd'hui les basses terres de la baie d'Hudson et rendent compte d'un mauvais drainage et de l'extension de tourbières. Enfin, un autre effet de la glaciation et des ajustements isostatiques subséquent réside des microfailles d'origine néotectonique et une activité sismique qui se poursuit encore aujourd'hui.

La dislocation de la calotte résiduelle de la baie d'Hudson il y a environ 8500 ans a peut-être eu des conséquences à une échelle plus globale. Celle-ci s'est en effet accompagnée de l'évacuation rapide des eaux douces du lac proglaciaire Agassiz-Ojibway, qui occupait antérieurement le sud de la baie d'Hudson, vers l'Atlantique Nord. Le volume de ces eaux douces est évalué à environ 163 000 km^3 et l'hypothèse que leur transfert quasi-instantané vers l'océan ait engendré une perturbation de la circulation thermohaline de l'Atlantique Nord pendant quelques siècles a été avancée. Celle-ci aurait été responsable d'un refroidissement enregistré dans quelques séries paléoclimatiques régionales qui a été associé à « l'événement de 8,2 ka » (cf. Clarke et al., *Science*, 2003). Il s'agit toutefois d'une hypothèse très controversée.

Le carottage de sédiments dans la baie d'Hudson a permis d'établir des séries chronologiques des changements environnementaux et climatiques régionaux depuis 8500 ans à partir de traceurs micropaléontologiques et palynologiques (e.g., Bilodeau et al., *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, 1991). Dans le secteur sud-est de la baie, les vitesses d'accumulation sédimentaires sont relativement élevées, de l'ordre du millimètre par an, en raison d'apports fluviatiles abondants. Ils permettent ainsi des analyses selon une résolution temporelle décennale à séculaire. Outre des apports de la végétation terrestre (pollen et spores) qui évoquent une colonisation rapide du paysage par la forêt et le développement de tourbières dès la déglaciation, les analyses palynologiques révèlent des flux pélagiques élevés (10^3-10^4 kystes de dinoflagellés par cm^2 par an) et une production benthique importante (10^1-10^2 réseaux organiques de foraminifères par cm^2 par an). L'analyse des populations de kystes de dinoflagellés indique par ailleurs un refroidissement graduel dans les eaux de surface en été (d'environ 2°C en Août) accompagné d'une augmentation de la durée saisonnière du couvert de glace de mer, au cours des huit derniers milliers d'années. Une telle tendance est cohérente avec les reconstitutions paléoclimatiques aux hautes latitudes de l'Hémisphère Nord qui évoquent l'effet d'un forçage par l'insolation aux hautes latitudes de l'hémisphère Nord (maximale vers 9000 ans BP), elle-même déterminée par les paramètres orbitaux de la Terre. Au-delà des variations à long terme des températures, on enregistre des oscillations de la salinité qui rendent compte de variations du régime hydrologique à l'échelle du bassin de drainage.

Des études entreprises sur des séquences sédimentaires récentes tendent à indiquer des changements significatifs des flux biogéniques et des conditions océanographiques à des échelles séculaires et décennales. Les travaux se poursuivent afin d'en préciser la nature et la fréquence éventuelle.

Activities of the Nunavik Research Centre,
Makivik Corporation

Bill Doidge, Centre Director

Makivik Corporation was formed under the James Bay and Northern Quebec Agreement (JBNQA), which was the land claims settlement associated with hydro-electric development in northern Quebec in the 1970s. Makivik represents the Inuit beneficiaries of the JBNQA.

Land-use mapping was used extensively in the land claims process and the Inuit also wished to have the capability to understand the technical terms used in the environmental impact assessments for the hydro projects. Based on these needs, a research department was established at Makivik which grew to be the Nunavik Research Center.

Based in Kuujjuaq, the Centre addresses issues concerned with country foods and the environment. The facility includes an analytical lab, pathology laboratory, wet lab and cartographic section. The staff of eight (a marine mammalogist, analytical toxicologist, fisheries biologist, parasitologist, GIS analyst and three wildlife technicians) work on contaminant, population, disease and environmental studies.

Country foods, such as arctic charr, caribou, seal and beluga muktuk, remain important components of a healthy northern diet. Working closely with the Nunavik Health Committee and the Nunavik Regional Board of Health and Social Services, staff monitor contaminants in country food species. The NRC co-ordinates community-based sampling of fish and marine mammals throughout the Arctic for the Arctic Environment strategy (AES), the Northern Contaminants Program (NCP) and the Northern Ecosystems Initiative (NEI). Inuit hunters send samples from as far away as Holman Island and Grise Fiord that are analyzed at the NRC for heavy metals and forwarded to Environment Canada for checking organochlorine content.

The pathology laboratory is well equipped for disease studies, in particular diagnostic testing of walrus meat for the presence of to the parasite, *Trichinella nativa*. Hunters send walrus tongues to NRC that are then artificially digested and screened for the parasite using a CFIA protocol. The Public Health Officer is notified if any of the walrus are infected and their meat is not used for human consumption. NRC staff have also investigated the ecological conditions under which *Clostridium* can cause fermented meat (Igunaq) to become toxic. The prevalence of Toxoplosmosis has also been investigated in marine mammals and caribou.

Population studies are undertaken on various country-food species as well as those that are non-traditional but have commercial potential:

Arctic charr is an important country food. Some charr populations can be monitored at counting fences during the fall migration upstream. For larger rivers, we are developing acoustic techniques. Charr migration is often thwarted by diffuse stream channels near the river's mouth that have resulted from isostatic rebound. The NRC gives technical advice to communities wishing to engage in stream

enhancement projects. The Nayumivik Landholding Corporation in Kuujjuaq constructed a fish way around falls at the mouth of the Nephijee River to give charr access to spawning lakes upstream. Research Centre staff are involved with the day-to-day operation of a small charr hatchery that was established to stock the Nephijee system. About 100,000 fry are raised annually for this purpose.

In conjunction with DFO scientists at IML, several studies are being conducted on beluga whales. Satellite tags are being deployed on beluga at the Little Whale River to gather information on habitat use and behaviour. Whales that visit Little Whale River in July pass the summer between the coast and offshore to the Belcher Islands. In fall they migrate through Hudson Strait spending November and December in Ungava Bay and over-winter off the Labrador Coast. Hunters contribute to the population studies of beluga by sending samples of muktuk for genetic analyses and teeth for age-determination purposes.

Researchers at Mont-Joli have also helped Makivik staff with exploratory surveys for Iceland scallops and blue mussels. The community-based harvesting of amphipods for the aquarium trade was assessed, but commercial development of this resource is thwarted by the high cost of transport. NRC staff have helped fishermen in Akulivik refine their gear and techniques for harvesting blue mussels through holes in the sea-ice.

The environmental issues surrounding industrial development (mining), climate change and stream enhancement (mentioned earlier) are items of great interest to the Inuit of Nunavik. Climate change may affect travel routes on sea-ice, the permafrost that encloses mine tailings and the breeding success of seals and other wildlife. Researchers at the NRC strive to stay informed about these issues. Makivik is supporting a proposal for a community-based program, which monitors ocean temperature and salinity.

The studies conducted by the Nunavik Research Centre are often in collaboration with other organizations – the federal, provincial and regional governments, universities, as well as organizations in the United States and Europe.

A bibliography on Nunavik, to which all organizations are invited to contribute material to, is located at http://136.159.147.171/nunavik. For further information on the Nunavik Research Centre visit www.makivik.org.

Les travaux du Centre d'études nordiques (CEN) en marge de la baie d'Hudson
par Yves Bégin, Directeur centre d'études nordiques.

Le CEN est un centre de recherche interuniversitaire qui a été créé en 1961. Il regroupe des chercheurs provenant surtout de l'Université Laval et de l'Université du Québec à Rimouski, mais aussi de l'INRS-ETE. Ses membres sont principalement des géographes, des biologistes et des ingénieurs regroupés en sept équipes.

Programme scientifique : Les recherches au CEN ont pour objectif de comprendre les conditions extrêmes affectant les écosystèmes nordiques et alpins et les changements susceptibles de les affecter dans le contexte des grandes transformations planétaires reliées aux activités humaines. Dans cette mission générale, les recherches du CEN rejoignent des préoccupations quant à l'Environnement, soit les impacts des changements climatiques, la dynamique passée et actuelle des biomes, le maintien de la biodiversité, les fluctuations des grandes populations animales (herbivores) et le dynamisme de la cryosphère (glace-neige-pergélisol).

Personnel scientifique (2001) : Le CEN regroupe 32 chercheurs universitaires québécois, 15 chercheurs collaborateurs dont la moitié d'autres pays, dix stagiaires postdoctoraux, 100 étudiants aux cycles supérieurs provenant de l'Université Laval et une trentaine provenant des autres établissements, 12 professionnels de recherche et techniciens et une dizaine d'employés de soutien.

Financement : Le CEN a un budget annuel moyen d'environ 7 M$. Un autre million provient de la participation de ses membres à des programmes nationaux et internationaux non gérés par le CEN. La contribution des établissements membres est de l'ordre de 1 M$ annuellement. Environ 85% du financement externe provient des concours réguliers des organismes publiques (CRSNG, FQRNT). Une large part de ces subventions (environ 30%) est issue d'un partenariat industriel ou communautaire. Le CEN gère le tiers de subvention canadienne du programme de formation scientifique dans le Nord du ministère des Affaires Indiennes et du Nord.

Infrastructure : Le CEN a six principaux laboratoires (dendrochronologie, écologie animale, télémétrie environnementale, paléoécologie terrestre et aquatique, radiochronologie et modélisation climatique et télédétection des régions froides). Le Centre offre des services logistiques à la recherche nordique, principalement à sa station de recherche de Whapmagoostui-Kuujjuarapik (capacité environ 30 personnes) et à ses postes d'accueil sur le terrain à Radisson (10 personnes), à la rivière Boniface près d'Inukjuak et à l'Île Bylot dans l'Arctique canadien. Le CEN opère un réseau de 80 stations climatologiques et géocryologiques dans le Nord. Avec cette infrastructure et par la taille et le dynamisme de ses équipes, le CEN est l'un des plus grands centres de recherche universitaires oeuvrant dans le domaine des sciences naturelles dans le monde circumpolaire.

Les travaux du CEN dans le secteur de la baie d'Hudson portent davantage sur le milieu continental que sur la baie elle-même, bien que plusieurs travaux sont réalisés dans le domaine épicontinental (deltas subaquatiques, bathymétrie côtière, érosion des côtes, relèvement isostatique post-glaciaire et actuel, néotectonisme, tempêtes, glaciel). L'influence de la baie sur les systèmes physiques est étudiée sous divers aspects (origine et évolution des systèmes dunaires côtiers, paléoplages, mer post-glaciaire, glissements de terrain, pergélisol, fluctuations de niveau des plans d'eau, nébulosité, brouillards…). L'origine et la dynamique des écosystèmes sont aussi une dimension importante des travaux du CEN (colonisation conifférienne des côtes, épisodes postglaciaires de reconstitution des paléoenvironnements en lien avec le climat). L'influence climatique de la baie est aussi

abordée dans plusieurs travaux portant sur le pergélisol, les régimes de précipitations et l'hydrologie nordique, l'enneigement des forêts et son incidence sur les formes de croissance des arbres, les fluctuations de la limite nordique et maritime des arbres et les changements affectant les habitats fauniques). Dans tous ces travaux, le CEN cultive une approche mettant en valeur la dimension spatio-temporelle des phénomènes.

Tourbière à palses dans le secteur de Kuujjuarapik. Ces palses se dégradent sous l'influence du réchauffement climatique.

Imposants reliefs marquant la côte est de la baie d'Hudson.

Station de recherche du CEN à Kuujjuarapik

Liste des Affiches lors du Forum Québécois des Sciences de la Mer 2004

(Institut Maurice-Lamontagne)

1. **Banville, L. & Himmill, M.** Harp seal predation on the Northern Gulf of St. Lawrence cod: modelling and estimates.
2. **Barrette, M.-F. & Dodson J.** Intraspecific diversity: Recent adaptation vs. ancestral constraint.
3. **Bédard, C. & Simard, Y.** Espionner les bélugas par "beamforming".
4. **Bouchard, J. N., Roy, S., Campbell, D., Ferreyra, G.** Effects of UVB radiation on phytoplankton: the role of the D1 protein.
5. **Callier, M. D., McKindsey, C. W. & Desrosiers, G.** Interactions Aquaculture-Environnement: Impacts environnementaux de la biodéposition des moules (*Mytilus edulis*, L.)
6. **Caron, M., Pellerin, J. Fournier, M., Pelletier, E., Lebeuf, M., Rioux, P. & Briatte, S.** Bioaccumulation et effets physiologiques à la suite de l'exposition de moules bleues (*Mytilus edulis*) et de myes communes (*Mya arenaria*) à des sédiments marins contaminés.
7. **Chifflet M., Saucier F.-J., Le Fouest V., Zakardjian B., Starr M.** Toward Prediction of Canadian Inland Seas Ecoystems: Gulf of St. Lawrence and Hudson Bay.
8. **Cotté, C. & Simard, Y.** The making of rich whale prey patches: An example with kriil on a whale-watching site in the St. Lawrence Estuary
9. **Desjardins, C., Gobeil, C, Sundby B. & Robitaille, J.** Écailles de poissons comme matrice pour le suivi environnemental du mercure.
10. **Desjardins, M.** Antifreeze protein synthesis in two wolfish species: a mariculture perspective.

11. **Dupré, B., Lesage, V. Michaud, R. Morin, Y. & Guderley, H.** Evaluation of a method using blubber tissue for the determination of pregnancy in odontocetes.
12. **Frenette, V.** Facteurs déterminants la zonation d'Algues vertes filamenteuses
13. **Gagnoud, M., Desrosiers, G. & Lajeunesse, P.** Analyse de faciès sédimentaires de silt argileux glaciomarin à l'aide de la tomodensitométrie coaxiale (CAT-Scan).
14. **Hutin, E., Simard, Y. & Philippe A.** Télédétection par acoustique d'un gisement de pétoncles: comparaison de différentes méthodes.
15. **Kouris, A.** En périphérie des sources hydrothermales : Dynamiques de communauté et réseaux trophiques de la méiofaune associés aux « blue mats ».
16. **Ladouceur, S. & deVernal, A.** Évaluation de la stabilité des conditions environnementales dans le sud de la Baie-d'Hudson au cours du dernier siècle à partir de traceurs palynologiques.
17. **Lapointe, D., Guderley, H. & Dutil, J.-D.** Thermal sensitivity in the Atlantic cod (*Gadus morhua*): effect on aerobic capacity and swimming performance.
18. **Larouche, P., Cizmeli, S & Guillot, P.** Variabilité spatiale et temporelle de la chlorophylle dans la baie d'Hudson estimée à l'aide des images SeaWiFS
19. **Le Clainche, Y., Levasseu,r M., Vézina, A., Saucier, F.J.** Simulation of DMS pool during SERIES in Subarctic Pacific: an inverse modelling approach.
20. **Lesage, V. & Michaud, R.** Classification of dives of beluga whales from the St Lawrence Estuary, Canada, using depth and velocity profiles.
21. **Levesque, K., Robert, D., Gagné, J. A. & Fortier, L.** Temperature regulated growth and feeding : does the dome-shape relationship really exist in the ocean ?
22. **Lizotte, M., Levasseur, M., Scarratt, M. G, Merzouk, A., Michaud, S., Gosselin, M.** DMS(P) dynamics during a spring diatom bloom in the Northwest Atlantic.
23. **Merzouk, A. Levasseur, M. Scarratt, M. & Michaud, S.** Influence of iron on DMSP and DMS cyclilng during a large-scale iron enrichment in the NE Pacific.
24. **Michaud, E., Desrosiers, G., Mermillod-Blondin, F. & Stora, G.** Influence de la diversité fonctionnelle d'une communauté intertidale sur les flux d'oxygène à l'interface eau-sédiment. Résultats préliminaires.
25. **Morasse, S., Guderley H. & Dodson J.** Influence de la stratégie de reproduction paternelle sur les caractéristiques physiologiques et métaboliques de la progéniture chez le saumon Atlantique (*Salmo salar*).
26. **Morin, Y. & Lesage, V.** Effects of dimethyl sulfoxyde (DMSO) and lipid extraction methods on stable carbon and nitrogen isotope ratios in the skin of odontocetes and mysticetes.
27. **Morissette, A., Bernatchez, P. & Lajeunesse, P.** Applications de la vidéographie aéroportée pour l'étude des sytèmes côtiers.
28. **Morissette, L. Castonguay, M. & Savenkoff, C.** Le nord et le sud du Golfe du Saint-Laurent: changements contrastants des écosystèmes associés au déclin des stocks de poissons de fond.
29. **Nadon, M.-O. & Himmelman, J.** Étude d'un réseau alimentaire du nord du Golfe du Saint-Laurent par l'utilisation des isotopes stables du carbone et de l'azote.
30. **Not, C., Léveillé R. & Juniper, K.** Biogéochimie de deux souches bactériennes ferro-oxydantes du champ hydrothermal de Loihi, Hawai.

31. **Nozères, C., Lesage, V., Iverson, S., Hammill, M.O. & Guderley, H.** Fatty acid signature classification patterns among beluga whales (*Delphinapterus leucas*), harbour seals (*Phoca vitulin*a), and potential prey species in the St. Lawrence Estuary, Canada.

32. **Paiement, M. de Vernal, A. & Occhietti, S.** Les reconstitutions paléoenvironnementales de la mer de Champlain à partir de palynomorphes marins et terrestres.

33. **Parkins, N., Guittard, S., Harvey, M., Saucier, F. J., Starr, M. & Therriault, J.C.** MERICA 2003: Summer distribution of zooplankton in relation to chlorophyll *a* distribution and water mass characteristics in Hudson Bay, Hudson Strait.

34. **Racault, M.-F, Desrosiers, G. & Fletcher, R.** Relation phylogénétique entre deux espèces de Chordariales: *Ulonema rhizophorum* et *Myrionema strangulans* (Swanage, Grande-Bretagne).

35. **Richard, M., Archambault, P. & Desrosiers, G.** Influence de l'introduction de structures mytilicoles sur les flux biogéochimiques dans la colonne d'eau.

36. **Robert D., Castonguay, M. & Fortier, L.** Déterminisme de la croissance larvaire du maquereau bleu (*Scomber scombrus*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

37. **Samaran, F. & Simard, Y.** Listening to fin whale calls on a feeding ground in the St. Lawrence Estuary.

38. **Smith, G. C.** The formation and circulation of the intermediate waters of the Gulf of St. Lawrence.

39. **Soubaneh, Y. D. & Gagné, J.-P.** Approche conceptuelle de la sorption des contaminants organiques hydrophobes sur la matière particulaire.

40. **Thibodeau, B., de Vernal, A. & Mucci, A.** Développement d'indicateurs micropaléontologiques et géochimiques d'eutrophisation dans l'Estuaire maritime du St-Laurent.

41. **Williams, B., Sinclair, D., & Risk, M.** Preliminary investigation into *Lophelia pertusa*, a deep-water coral, as a paleothermometer.